

*П. И. Бартоломей, Е. М. Лебедев, Е. Н. Котова,
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Прези-
дента
России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург, Россия)*

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНКИ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Для решения задач оперативно-диспетчерского управления энергосистемой используется как телеметрическая информация, так и данные, полученные в результате оценки состояния (ОС) [1]. На современном этапе, система сбора и обработки информации о состоянии энергосистемы такова, что получаемые данные содержат значительную погрешность, причины появления которой общеизвестны. В мировой практике для повышения достоверности телеметрии применяется процедура ОС, однако и она имеет ряд недостатков. Наиболее часто в основе программы оценки состояния лежит метод взвешенных наименьших квадратов. При этом хорошие результаты по отбраковке недостоверных данных получаются в том случае, если ошибки в телеизмерениях подчиняются распределению Гаусса. Обычно рассматриваются единичные случаи появления телеизмерений со значительными погрешностями, называемыми плохими данными. Их обнаружение приводит к последующей переоценке состояния после удаления подозрительного телеизмерения.

В настоящее время ведутся работы по внедрению современных устройств измерения и передачи информации, таких как PMU (Phasor Measurement Units), устройства спутниковой синхронизации GPS и оптические трансформаторы тока и напряжения. Эти устройства существенно повышают качество телеметрической информации [2]. Однако вследствие высокой стоимости современных устройств говорить о быстром и повсеместном переоснащении системы сбора и обработки информации не приходится.

В качестве альтернативного метода, не требующего больших денежных затрат, предлагается процедура априорного обнаружения ошибочных ТИ, реализуемая до выполнения шага ОС [3]. Суть процедуры заключается в анализе информации об отдельных ветвях и узлах. В основу предложенного алгоритма положен принцип мажоритарности, согласно которому каждый измеренный параметр дублируется двумя расчетными значениями, что позволяет выявить недостоверную величину либо исключить ее из состава ТИ в задаче ОС, либо скорректировать с повышением ее достоверности за счет локальной оценки состояния.

С целью оценки работы предложенного алгоритма были проведены вычислительные эксперименты на тестовых схемах [4]. Для рассматриваемых схем электрической сети были рассчитаны параметры установившегося режима, которые далее использовались как эталонные значения. Телеизмерения моделировались через наложение шума измерения, для которого принимался нормальный закон распределения, а также моделировались дополнительные ошибки для формирования плохих данных. Результаты эксперимента показали, что наиболее эффективно выявляются ошибки в перетоках активной мощности и напряжениях узлов. Кроме того, одним из способов повышения качества ОС является не отбраковка плохих данных, а за-

мена их на расчетные значения, полученные на основании достоверной телеметрии начала и конца линии.

Предложенный алгоритм характеризуется малым объемом вычислений и временем расчета и позволяет выполнять расчеты в режиме онлайн. Алгоритм априорного обнаружения ошибок показал высокую эффективность совместного использования алгоритма и процедуры ОС. По результатам проведенных испытаний среднее значение функции ОС (т. е. суммы квадратов невязок) при использовании предложенного алгоритма почти на порядок меньше значения функции классического ОС без априорной обработки ТМ.

В данный момент начаты вычислительные эксперименты на эквивалентированной схеме реальной сети ОЭС Урала, состоящей из 201 узла и 297 ветвей. Данная схема содержит 10 узлов класса напряжения 110 кВ, 76 узлов - 220 кВ и 115 узлов - 500 кВ. В качестве исходных параметров режима используется реальная телеметрическая информация, прошедшая грубую отбраковку средствами стандартного оперативно-информационного комплекса.

Анализ данных, используемых при расчетах на реальной схеме, показал ряд принципиальных различий между параметрами режима тестовой и реальной схем. Отклонения «сырых» телеизмерений активных и реактивных мощностей от аналогичных рассчитанных программой ОС значений нередко достигают 100 % и более. Причем отклонения по реактивной мощности, как правило, выше. Из 517 используемых значений активной мощности в 100 измерениях отклонения больше 1 % (рис. 1). Очевидно, именно такие значительные отклонения результатов ОС от телеметрической информации приводят к снижению доверия к рассчитанным параметрам, и на этапе оперативного управления зачастую параметры ОС не учитываются.

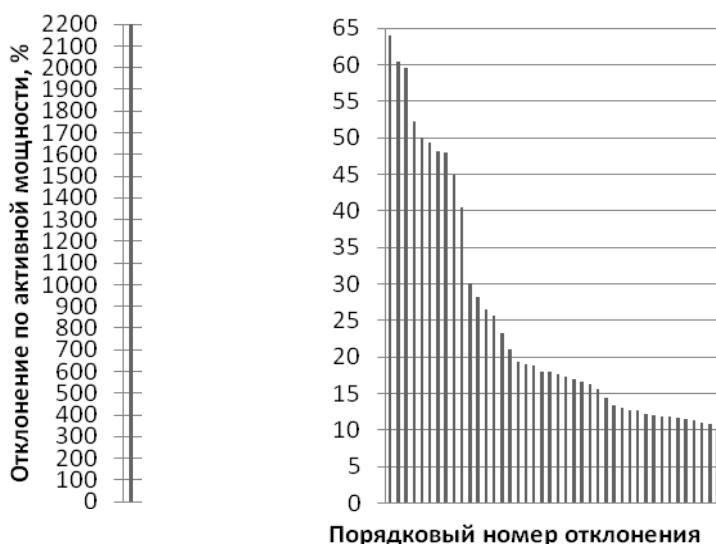


Рис. 1. Отклонения по активной мощности

На рисунке 2 представлены отклонения по напряжению: из 160 измеренных значений 50 имеют отклонения больше 1 %.

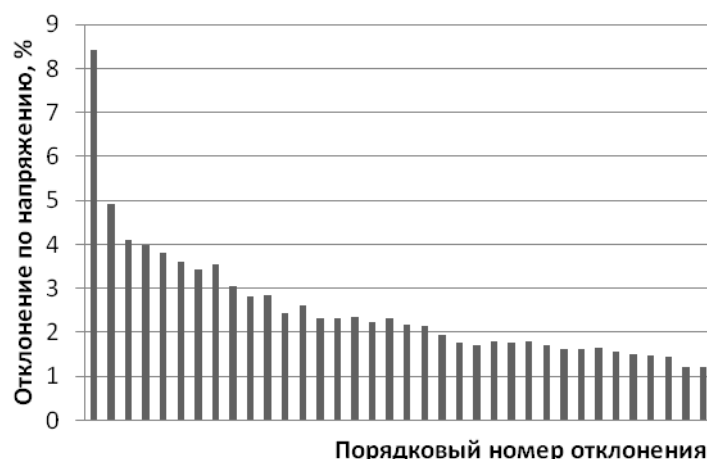


Рис. 2. Отклонения по напряжению

Проведенный анализ показал, что в условиях состояния современной системы сбора и обработки информации проблема обнаружения плохих данных тесно перекликается с задачей повышения точности телеизмерений, что приводит к необходимости значительных финансовых затрат и, следовательно, к затяжному процессу модернизации существующей системы.

Использование представленного алгоритма, позволяющего не только обнаружить грубые ошибочные телеизмерения на этапе до выполнения ОС, но и заменить их расчетными, приводит к снижению невязок функции оценки состояния и повышению доверия к ее результатам.

Список использованных источников

1. Бартоломей П.И., Бегалова Е.Н. Повышение достоверности информации и эффективности функционирования АСДУ энергосистем // Материалы докл. IV всерос. науч.-техн. семинара «Энергетика: экология, надежность, безопасность». Томск, 1998.
2. Бартоломей П.И., Ерошенко С.А., Лебедев Е.М., Суворов А.А. Новые информационные технологии обеспечения наблюдаемости FACTS на основе измерений PMU // Электроэнергетика глазами молодежи: труды III Международной науч.-техн. Конф.: Сб. статей. В 2 тт. Т. 2, Екатеринбург, УрФУ, 2012.
3. Бартоломей П.И., Лебедев Е.М., Суворов А.А. Влияние априорной достоверности информации в среде WAMS на качество оценивания состояния ЭЭС // Современные подходы к обеспечению надежности электроэнергетических систем, Сыктывкар, 2014.
4. Бартоломей П.И., Котова Е.Н., Лебедев Е.М. Априорное обнаружение грубых ошибок телеметрии для оценивания состояния ЭЭС // Электроэнергетика глазами молодежи: труды всерос. науч.-техн. конф.: Сб. ст. в 2 тт. Т. 1, Екатеринбург, УрФУ, 2010.